

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-145603

(43) 公開日 平成9年(1997)6月6日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 21/01			G 0 1 N 21/01	D
37/00			37/00	D
G 1 1 B 7/125			G 1 1 B 7/125	A
7/135			7/135	Z
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-234576

(22) 出願日 平成8年(1996)9月5日

(31) 優先権主張番号 08/523884

(32) 優先日 1995年9月6日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390035493

エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション

AT&T CORP.

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨ

ーク ニューヨーク アヴェニュー オブ
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 レスリー コンウェル ホブキンス

アメリカ合衆国 08822 ニュージャージー

ィ, フレミントン, ラウンド ヒル コー
ト 11

(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外1名)

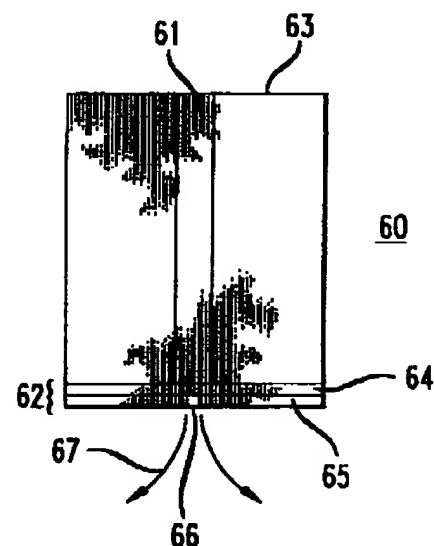
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ光源を備えた近視野光学装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 半導体レーザ放出源を有してなる近視野光学装置に関する。

【解決手段】 半導体レーザ光源は、非均質なレーザ放出面62を有してなり、レーザの放出波長を λ_s とした場合、レーザ放出面から送出される全放射線の少なくとも50%が、 $w < \lambda_s / 2$ の幅を有する前記放出面の小さな(第一の)領域66から発せられるように構成されている。一実施形態においては、レーザ放出面からの放射線送出が比較的低下するように、多層皮膜64、65がその放出面に設けられている。また、レーザ放出面には凹部66が形成され、放射線の多くがその凹部から送出される。この凹部66が第一の領域を構成する。例えば、この皮膜は少なくとも一つの誘電体層と、その上に形成された少なくとも一つの導体層とからなる。また、凹部は導体層を通して伸び、例えばFIB(集中イオンビーム)エッチングによって形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 a) レーザ放出面(62等)を有し、有効幅Wの活性領域を含む半導体レーザと、

b) レーザ放出面において、該レーザの活性領域から波長 λ_s の電磁放射線(67)を送出すべく電流を前記レーザに流す手段と、

c) 任意の表面を有する媒体(101)に対して前記レーザを移動させるのに適し、該媒体表面から所定距離1だけ間隔を置いてレーザ放出面をその媒体表面に接近させるべく前記レーザを移動させる制御手段(103)と

d) 前記レーザ放出面は非均質な面であり、該レーザ放出面から送出される全放射線の少なくとも50%が、幅 $w < \lambda_s / 2$ ($W > w$, $\lambda_s > 1$)を有する前記レーザ放出面の第一の領域(66)から発せられることを特徴とする近視野光学装置。

【請求項2】 前記レーザは任意の長さを有するエッジ放出型レーザであり、前記活性領域は前記レーザの全長に渡って実質一定の有効幅を有してなることを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項3】 前記レーザは垂直空洞面放出型レーザであることを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項4】 前記レーザ放出面の第二の領域に設けられた前記活性領域からの放射線波長 λ_s に対して比較的低い透過率を有するべく選択された皮膜を前記レーザ放出面が含み、これにより前記皮膜内の凹部が前記放出面の前記第一領域を含むことを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項5】 前記皮膜は、少なくとも一つの誘電体層と少なくとも一つの導体層とからなる多層皮膜であることを特徴とする請求項4記載の近視野光学装置。

【請求項6】 前記レーザ放出面は、前記活性領域の一部を含むと共に前記第一の領域に対してくぼませて作られた第二の領域を有してなることを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項7】 前記レーザ放出面は、第二領域からの放射線放出量を削減するのに適したイオン衝撃を受けて生じた第二の領域を有してなることを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項8】 前記半導体レーザは一つ以上の他のレーザと一体に集積されることを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項9】 前記半導体レーザは半導体光検出器と一体に集積され、該光検出器は前記半導体レーザのバックファセットからの放射線を受光できるように配置されていることを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項10】 前記装置は光学データ記憶装置であり、バネ部材と、該バネ部材に取り付けられて前記半導体レーザを支えるスライドとからなる読出アームを含むことを特徴とする請求項1記載の近視野光学装置。

【請求項11】 前記半導体レーザは、前記媒体表面に対してその半導体レーザを制御可能に移動させるのに適した圧電部材を含む手段によって前記スライドにより支持されることを特徴とする請求項10記載の近視野光学装置。

【請求項12】 前記スライドは前記媒体に面する基準面を有し、前記半導体レーザは前記スライドの他の面に取り付けられているので、前記レーザ放出面は、前記スライド基準面の $\pm \lambda_s / 4$ の範囲内で前記媒体に対して垂直方向に位置決めされることを特徴とする請求項10記載の近視野光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザ放出源を有してなる近視野光学装置に関するものである。該装置は、例えば光学記憶装置、近視野走査型光学顕微鏡、または近視野リソグラフィ源等である。

【0002】

【従来の技術】近視野光学装置は公知のものである。例えば、「応用物理学 (Applied Physics Letters)」44(7)巻、651頁掲載のD. W. Pohl他の論文、および「ジャーナル応用物理 (J. Applied Physics)」59(10)巻、3318頁掲載のU. Durig他の論文を参照のこと。この近視野光学系に要求される重要な条件として、放出源(またはその開口)の寸法が空気中での放射線の波長(λ_s)をかなり下回ること、該放出源(またはその開口)と対象物との距離も同波長 λ_s をかなり下回ること等の条件がよく知られている。

【0003】高密度データ記憶に対する近視野光学系の可能性が認知されてきている。例えば、「応用物理学 (Applied Physics Letters)」61(2)巻、142頁掲載のE. Betzig 他の論文を参照すると、近視野走査型光学顕微鏡を用いて磁気ドメインを薄膜光磁気材に記録・撮像する仕組みが報告されている。同論文では、金属で被覆されたテーパー状のプロープ端を備えた光ファイバ中に Ar^+ レーザからの放射線が連結される。同論文に開示された装置は、達成解像度が30~50 nmの撮像モードにおいて、約60 nmにサイズを切り詰めたドメインの書き込みを容易にし、ここでは約7 Gbits/cm²のデータ密度が報告されている。データを十分高速な速度で読み出すことができるならば、上述したようなデータ密度は非常に望ましいものとなる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近視野撮像の従来の実施例には、達成読出しレートが比較的低いという欠点がある。例えば、上記引例で報告されている最大読出し速度は10 kHz程度であり、主としてショットノイズに制限される。ショットノイズによるこの速度制限を考慮すると、より高速の読み出しを可能にするには、より強い光子束を供給する必要があるのは明ら

かである。そこで、「応用物理学 (Applied Physics Letters)」63(26)巻、3550頁掲載のE. Betzig 他による論文では、テーパ状のプロープ端を備えたNd³⁺ドープ型ファイバレーザプロープを利用した近視野撮像実験装置が報告されている。このファイバレーザをそのしきい値付近で稼働すると、ファイバの他端からの放射線には大きな変化が見られるが、弛張振動が読み出し速度を数十kHzに制限するので、プロープ端の出力は50nW程度となり、高データレートでの記録には不十分であった。

【0005】近視野読出しおよび／または書込み手段を備えた光学データ記憶装置等、近視野光学装置の潜在的な利点から見て、横寸法がλ_sよりかなり小さい光子源の製造を容易にし、十分に強く安定した光子束を供給することにより、従来技術で達成されたものを上回るレートで読出しおよび／または記録を可能にすることが望まれている。本願はそのような光子源を開示するものである。背景技術情報については、1990年、Addison-Wesley社刊、A. B. Marchant著の「光学記録 (Optical Recording)」を参照のこと。

【0006】また、米国特許4,860,276号においては、記録媒体の表面付近に設置された自己結合性の半導体レーザを利用する光学読取り・書込みヘッドが開示されている。開示された特徴のなかには、記録媒体に面するレーザファセット上の非反射皮膜や、レーザ出力を記録媒体に結像する導波管レンズ、またはレーザのスポットサイズを縮小するレーザ装置の変形例等が含まれている。特に、この米国特許'276号は、本願の図1に示すように、レーザ101を開示している。ここで、参照符号102~107は、基板、下合わせ層、活性層、上合わせ層、絶縁層および電流凝縮電極をそれぞれ示している。また、参照符号108は底部電極を示し、参照符号109はキャップ層を示す。さらに、参照符号110および113は、それぞれ前後の出力端を示し、参照符号112はさらに上層の電極を示す。参照符号114はスリットであり、ビームスポットを尖鋭化するためのものである。これらスリットがテーパ状のレーザ領域の範囲を決定し、それは基板102まで伸びている。該スリットはリアクティブイオンエッチング等によって生成され、活性層104よりも低い屈折率を有するフィラーで充填するのが好ましい。米国特許'276号の図14,17および18は上記従来レーザの変形例を示すものである。これら変形例にもスリット114およびフィラー115が含まれているが、成形された電流凝縮電極107を有する点で異なっている。

【0007】また、この米国特許'276号は、消去ヘッド、書込みヘッドおよび読出しヘッドからなるモノリシック多素子アセンブリも開示している。該アセンブリは縦長のスリットを有し、消去ヘッドの出力端にはくぼみが作られている。さらに、この米国特許において

は、光スポットのサイズが直径約1μmであると記載されている(9欄17行目等)。さらにまた、レーザのフロントファセットと記録媒体との典型的な距離が2.9μmであることも記載されている(8欄7行目等)。すなわち、開示された寸法がレーザ波長(例えば空気中で830nm:例えば7欄49行目を参照)を実際には下回っていないので、この米国特許'276号の光学ヘッドは厳密に言うと近視野装置ではない。

【0008】また、米国特許'276号に開示されたスリット付のレーザは製造が難しいだけでなく、スリット114を互いに接近させるべく、レーザのフロントファセットで、またはその付近において横幅間隔を制御することや、実際にλ_sを下回るスリット間隔、例えば0.4μmに満たないスリット間隔を有するような従来式のレーザを確実に製造することも困難である。これらは、すべて実用化されているフォトリソグラフィの制限によるものである。さらに、従来式のレーザでは、レーザの発熱により、テーパ領域での損失が比較的高くなるという他の問題も発生する。

【0009】従って、比較的簡単に製造でき、0.4μmを下回るスポットサイズを有し、近視野光学装置での使用に有効な半導体レーザが望まれているのは明らかである。この0.4μmの制限は、実用化されているフォトリソグラフィで達成可能な低スポットサイズの限界を定義づけるものである。しかしながら、本願において開示される好ましいレーザ装置例では、フォトリソグラフィを用いることなく小さなスポットサイズが達成される。

【0010】(用語説明および定義)本願中に用いられる用語の説明および定義を以下に示す。「近視野 (near-field)」光学装置において、レーザ放出領域の横寸法は、空気中での放射線波長λ_sを実際に下回る大きさ(通常、大きくても半分)であり、レーザ放出領域と対象物(光学記憶媒体等)との間の距離lもλ_sを下回る。

【0011】また、ここに示す半導体レーザの「放出面 (emission face)」とは、プロープビーム(読出しおよび／または書込みビーム)を発するレーザ面を意味している。このレーザがエッジ放出型レーザならば、その放出面はレーザのフロントファセットとなり、垂直空洞面放出型レーザ(VCSEL)の場合には、該VCSELの層構造に平行に置かれた一番上の面が放出面となる。VCSELについては、例えば米国特許5,034,344号を参照のこと。また、放出面に対向するレーザ面は、「後面」またはバックファセットと呼ぶ。

【0012】本願中、「導体」という用語がレーザ放出面上の皮膜(コーティング膜)に適用される場合、その用語は、金属だけでなく、波長λ_sの放射線に対して高吸収性能を示す他の材料(半導体等)も含まれることを意味する。

5

【0013】また、エッジ放出型レーザの活性領域すなわち活性層の「有効幅」とは、再結合の起こる活性領域（ y 方向に寸法の取られた領域、図1を参照）の幅を意味するものである。通常、この有効幅は、ほぼ最上部電極（もしくは、他の電流封じ込め機構）の幅に相当する。例えば、前記米国特許'276号の図13（A）および図17では、この有効幅は電流凝縮電極107の（各々均一の、または不均一の）幅となる。このように、有効幅は、エッジ放出型レーザの縦座標（ x ）の関数で示すことができる。VCSELにおける活性領域の有効幅は、再結合が起こる領域の横寸法（通常は直径）となる。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は特許請求の範囲によって限定されるものである。本発明のある実施形態においては、改良された半導体レーザ（エッジ放出型またはVCSEL）放出源を有してなる近視野光学装置（光学情報記憶装置、近視野光学顕微鏡、フォトリソグラフィ装置や光化学装置等）が提供される。

【0015】特に、本発明は、有効幅 W の活性領域とレーザ放出面を含む半導体レーザを備えた装置において具体的に示される。さらに該装置は、波長 λ_s の電磁気放射線をレーザの放出面から送出すべく電流をレーザに流す手段（通常電極を含む）と、任意の表面を有する媒体（光学情報記憶媒体、近視野走査型光学顕微鏡によって調査されている主体、またはフォトレジスト被覆基板等）に対してレーザを相対的に動かすのに適したレーザ制御手段とを備えている。この制御手段は、レーザ放出面を媒体表面に近づけと共に、媒体表面から所定間隔1だけあけるようにレーザを移動させる移動手段を含んで

【0016】重要なことは、レーザ装置が均質でない放出面を構成するという点であり、放出面から送出される全放射線の少なくとも50%が幅 $w < \lambda_s / 2$ を有する放出面の第一の領域から発せられるように構成されている。ここで、放出面の全幅 W が第一の領域の幅 w よりも大きくなることは言うまでもない。また、この放出面は、 Al_2O_3 または SiO_2 等の薄膜からなる保護皮膜を備えていてもよい。

【0017】エッジ放出型レーザを例にとると、レーザ放出面は（通常導体層からなる）皮膜を有してなり、放出面の第一の領域を構成するこの皮膜には幅 w の凹部が設けられている。この凹部はレーザの活性層上に位置し、放出面からの全放射線の内50%以上（好ましくは90%以上、もしくは95%）がこの皮膜の凹部から送出される。

【0018】また他の例において、エッジ放出型レーザは、くぼみ形成（もしくはイオン注入）領域と、幅 $w < \lambda_s / 2$ のくぼみ非形成（もしくは非イオン注入）領域、すなわち第一の領域とからなり、このくぼみ非形成

6

（非イオン注入）の第一の領域から主に光が送出される。さらに他の例においては、VCSELの放出面がレーザの最上面面となり、（通常導体層からなる）皮膜を有し、放出面の第一の領域を構成するこの皮膜には幅 $w < \lambda_s / 2$ の凹部（第一の領域）が設けられており、光の送出は主にこの第一の領域に限定される。

【0019】本発明に係わる好ましいレーザの非均質放出面は、フォトリソグラフィを用いることなく、例えば集中イオンビーム（FIB）エッチングやイオン注入によって準備することができる。FIBエッチング工程は非常に制御し易く、幅 $w < 0.1 \mu m$ 、さらには $0.05 \mu m$ を下回るような幅特徴を容易に生じることができる。しかしながら、本発明はこれらの方法に限定されるものではなく、他の適切なエッチング技法を用いてレーザの非均質放出面を形成してもよい。

【0020】本発明に係わる装置の残りの構成要素（例えば、電流をレーザに流すための手段やレーザを支えて媒体（光学記憶媒体または顕微鏡試料）に対して相対的に移動させる手段等）については従来のものでよく、上記米国特許'276号で実際に説明されているようなものでよい。同様に、A. B. Marchant著の上記書物も参照のこと。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明の第一の実施形態において、エッジ放出型レーザの放出面は、GaAs/InGaPリッジ導波管レーザ等、従来の半導体レーザの半導体端面上に配置された多層皮膜からなる。このような従来のレーザは当業者に公知のものである。例えば、このレーザは、 $\lambda_s = 0.98 \mu m$ の放出波長を有している。また、該皮膜は、放出面の第一の領域を構成する凹部を含んでいる。

【0022】この多層皮膜は、 λ_s における透過率が低くなる（例えば、 $< 1\%$ ）ように選択されると共に、 λ_s における反射率についても低目に設定したほうがよい（例えば $< 10\%$ ）。低透過率および低反射率のものを選択するということは、皮膜に入射する放射線の大部分がその皮膜に吸収されることを意味する。そのような吸収作用は、場合によっては、半導体と皮膜との接触面に損傷をもたらす可能性がある。従って、 λ_s における反射率が比較的高い皮膜（例えば $> 90\%$ ）か、あるいは反射率の中間値（例えば、約50%の反射率）を有するような皮膜を選択するよう求められる可能性が高い。

【0023】ここで言及されている皮膜の透過率および反射率が、 λ_s よりかなり大きい皮膜の横寸法に関する値であることは当業者には明らかである。これらの透過率および反射率は、「巨視的（macroscopic）」透過率および反射率と呼ばれるものである。

【0024】皮膜の凹部は、その皮膜材を凹部の底に残すように形成されると共に、この残留皮膜が λ_s において比較的高い巨視的透過率（例えば、 $> 10\%$ 、好まし

くは $\geq 50\%$)を有するように凹部の深さを選択するのが望ましい。当業者には明らかなように、凹部の横寸法が小さいため($\lambda_s/2$ 未満)、凹部における実際の透過率は上記巨視的透過率と異なるのが普通である。

【0025】上述したような小さな巨視的透過率および反射率の特性は、少なくとも一つの誘電体層と、該誘電体層上に設けられた少なくとも一つの導体層とからなる皮膜によって達成することができる。図2は巨視的透過率および反射率のグラフであり、上述したように、GaAs/InGaPレーザの端面上に形成した典型的なSiO₂/Ti/Au皮膜の波長の関数として算定し、それぞれ曲線で示したものである。層の厚さは、それぞれ312nm、40nmおよび70nmである。曲線20は、半導体からSiO₂/Ti/Au皮膜を通して空気中に抜ける透過率を示し、曲線21は半導体に戻る分の皮膜の反射率を示す。また、曲線22は、半導体から312nm厚のSiO₂層を通して空気中に抜ける(巨視的)透過率を示す。

【0026】図2は、波長 λ_s で低透過率および低反射率を与え、該皮膜を一部除去した後には巨視的透過率を高めるような多層皮膜の選択が容易に実行できることを実証している。AuおよびTi層を除去して凹部を形成した結果がレーザ放出面となり、高度に局部化されると共に、全送出放射線の少なくとも50%がこの凹部から発せられる。

【0027】図3は他の多層皮膜に対して算定した巨視的透過率および反射率の曲線を示しており、曲線30および曲線31は完璧な皮膜(58nm厚のTiO₂、143nm厚のSiO₂、58nm厚のTiO₂、40nm厚のTiおよび70nm厚のAuからなる)に関するものであり、曲線32は皮膜上で導体層で覆われていない誘電体部分に関するものである。同図から見てとれるように、この完璧な皮膜の λ_s における反射率および透過率は低く(双方とも $<10\%$)、またTiO₂/SiO₂/TiO₂部分を通る透過率は約50%である。

【0028】図4は、本発明の実行に有効なさらに他の多層皮膜(153nm厚のSiO₂と80nm厚のAlからなる)に対して算定した巨視的透過率および反射率の曲線を示すものである。ここで、曲線40および曲線41は、それぞれSiO₂/Al皮膜の巨視的透過率および反射率であり、曲線42はSiO₂層を通る巨視的透過率である。図4からわかるように、この二層皮膜はほぼ0の透過率と高反射率($\sim 95\%$)を示すのに対して、SiO₂層はほぼ100%の透過率を示す。ここで薄い(例えば10nmの)保護誘電体層をレーザ放出面に付加したとしても、通常、凹部からの放射線送出量はほとんど変わることがない。

【0029】ファセット皮膜に適していると思われる誘電体の多くが当業者には公知のものである。そのようなものとして、TiO₂、SiO₂、Al₂O₃、燐ケイ

酸塩ホスホシリケートガラス、VYCORガラス、AIN、ポリマーおよびMgF₂等がある。同様に、ファセット皮膜に有効であると思われる導体の多くも当業者には公知のものであり、Ti、Au、Al、Cr、AgおよびNi等があるが、 λ_s において高減衰を示す導体を選択するのが望ましい。なお、Tiは、次の導体層に対して接着層の働きをする。好ましい実施形態では、燐ケイ酸塩(6%リン酸塩)ガラス層を含み、この層上にはAl層が設けられ、図6で大まかに示すような構成となる。

【0030】上述したようなタイプの本発明のレーザにおいては、入射レーザ放射線のうちほんのわずかな部分だけしか均質皮膜を透過しないが、レーザ放出面の第一の領域で皮膜の一部を除去すると、半導体から凹部を通して空気中に透過するレーザ放射線が著しく増加する。

【0031】多層皮膜をエッジ放出型半導体に形成する方法は従来のものを利用でき、適切な公知方法のいずれによって達成されてもよく、例えば、eビーム蒸着や熱蒸着、MBE、スパッタ蒸着やCVD等があげられる。また、一般的には多層皮膜が良好に用いられるが、導体のみからなる皮膜も考えられる。

【0032】図5は典型的なリッジ導波管レーザ50を示す前面略断面図であり、参照符号51~56は、半導体本体の第一の導電型(例えばn型)部分、(通常一つの量子井戸(ウェル)からなる)活性領域、半導体本体の第二の導電型(例えばp型)部分、パターン化された誘電体層、上部接点および下部接点をそれぞれ示している。リッジの幅は通常約1~6 μ mであり、その高さは約1~2 μ mである。レーザ放出領域のサイズはy方向(図1を参照)のリッジ幅によって大まかに示され、z方向の導波管形状によって決められる。広範に使用されているGaAs/InGaPレーザに対する放出領域z次元の典型的な値は約0.3 μ mであり、例えば、6 \times 0.3 μ m程度の放出面積となる(20%の最大密度範囲に限定した場合)。上述した多層皮膜は図5に示したレーザのレーザ端面に形成される。

【0033】皮膜形成の後、均質な皮膜が変形され、ここで必要となる非均質放出面を生じる。例えば、導体層をレーザ放出面の一部(第一の領域)から除去することにより、皮膜に凹部を作成することができる。通常この除去工程では、ほぼ全ての導体材料が第一の領域から除去される一方で、誘電体材料は第一の領域に最小限残留するようにして実行される。そして、この残留誘電体がその下に横たわる半導体の保護として機能する。通常、この材料除去は、導体部分の除去完了時に、またはその後すぐに停止される。また、もう一層の誘電体(例えばAl₂O₃)層をレーザ放出面に堆積して金属皮膜の保護機能を付加することもできる。

【0034】現在好ましいと考えられている除去方法は集中イオンビーム(FIB)エッチングである。この技

10

20

30

40

50

法は公知のものであり、FIB機も購入できる。例えば、ここでは市販されている機械(MICRION9000 FIBシステム)を使用しているが、この機械は、例えば、20nmのスポットサイズに集光されたGa⁺ビームを供給することができる。しかしながら、これは根本的な限界ではなく、さらに小さなスポットサイズも獲得可能である。

【0035】当業者には周知の通り、FIB機は、イオンビームエッチングでサンプルから材料を除去するのに使用できるだけでなく、サンプルの像を供給するのにも用いることができる。これは、レーザ放出面に凹部を適切かつ容易に配置するのに都合のいい特徴である。一般的にこの凹部は、レーザの活性領域のほぼ中央に設置するのが望ましい。

【0036】図6は本発明に係わるレーザの一実施形態を示す上部略平面図であり、参照符号61〜67は、リッジ導波管、(半導体端面と該端面上に形成された多層皮膜からなる)放出面、(任意にコーティングの施された)バックファセット、放出面皮膜の誘電体部(あるいは、重複した誘電体層からなる)、放出面皮膜の導電部(あるいは、重複した導電層からなる)、放出面皮膜に設けられた凹部、およびその凹部を通して送出される放射線をそれぞれ示している。

【0037】凹部の最大幅は $\lambda_s/2$ を下回り、好ましくは0.2 μm 以下となる。形状に関しては、正方形、長方形、楕円形または円形等任意のものでよい。この凹部は、活性層上に位置し、通常、コーティングの施されていないレーザの最大放出密度領域上に位置付けられる。

【0038】上述したように、0.98 μm のリッジ導波管レーザを一例として作り、レーザ放出面の凹部サイズを0.2 \times 0.2 μm とし、この凹部から40mAで0.6mWまでの出力を得た。この出力は、電流を同じとした時にコーティングの施されていないレーザ放出面から得られる出力の約25%であった。これは、従来のテーパー状光ファイバから得られる出力より約4桁大きい。理論的な考察から、本発明のレーザから得られる出力は、MHz単位のレート、例えば10〜100MHz範囲のレートで情報の読み書きを可能にすると考えられる。

【0039】上述したタイプの本発明のレーザを製造する方法の一例においては、コーティングの施されていないレーザの放出面を適当な撮像手段(FIB、またはその他の粒子線装置等)で撮像する工程と、活性層を放出面に配置する工程と、レーザ放出領域の外周境界線付近、あるいは放出領域の外側の地点で活性層から材料を除去することにより活性層を常置させる工程とが含まれる。都合のいいことに、この材料の除去は撮像装置の粒子線によってなされる。その後、皮膜がレーザ放出面に堆積して凹部を形成するが、この凹部の位置は、予め生

成され(その後もなお区別できる)マーキングによって決められる。

【0040】図12は本発明に係わるレーザの他の実施形態を示しており、導体層120がレーザ放出面の所定部分のみ、すなわちほぼ全ての放出スポットを覆うという点を除いて、図5のレーザとほぼ同じである。ここでは、当業者には公知である従来のFIB装置により、レーザ放出面の選択された領域(Ti, W, Au等からなる)を導体層で覆うことができる。このようにして堆積された導体材料中に、上述したように凹部121が形成される。その後、レーザ放出面上に任意の保護層を堆積し、誘電体層を半導体ファセットと金属層との間に配備してもよい。また、一般的には好ましくないが、フォトリソグラフィを含む工程によって最小限のサイズの凹部を製造することも可能かもしれない。特に、適宜コーティングの施されたレーザの放出面上には、形成されるべき凹部形状の最小寸法を上回らない程度の厚さでeビームフォトリソ(PPMA等)層が堆積される。この放出面は従来の走査型電子顕微鏡で撮像され、凹部設置予定位置の真上のフォトリソがeビーム衝撃による従来の方法で露光される。そして、フォトリソを従来のように現像した後、金属層の所定部分を除去して凹部を形成すべく従来の金属エッチング液で放出面にエッチングが施される。

【0041】図7で図式的に示すように、本発明の他の実施形態においては、レーザ(70)の放出面がプレーナ(平坦面)ではない。ここで、参照符号71〜73は、半導体本体の第一の導電型部分、活性層、およびリッジ導波管をそれぞれ示している。また、参照符号74はレーザの放出面であり、参照符号76が放出面の凹部を示し、ファセット部分77が凹部の間で変形されずに残されている。なお、絶縁層および電極等、従来の特徴部分は図示されていない。

【0042】凹部76は活性層の下方に伸び、約20〜200nmの範囲の量だけ元のファセットからくぼみが形成される。これら凹部76は、FIBエッチングを有効に用いて形成され、くぼんでいない部分77の幅は $\lambda_s/2$ となる。

【0043】本実施形態において、このくぼんでいない部分77がレーザ放出面の第一の領域であることは言うまでもない。また、この第一の領域77が凹部76によってy方向に拘束されるだけでなく、z方向の片側または両側においても固定されるように、放出面が変形可能であることもわかる。

【0044】一例として、従来の0.98 μm 厚のGaAs/InGaPレーザの放出面に対してFIBエッチングを施すことにより、0.3 μm 幅、0.4 μm 高の第一の領域を形成し、端面の周囲部分約0.1 μm 分だけくぼみを作った。そして、出力放射線の多くが第一の

領域の範囲内にとどめられていることが観測された。出力は約0.1mWであり、FIBエッチングを施す以前に放出面から得られた全出力の約10%に相当した。

【0045】出力放射線が第一の領域の範囲内にとどめられているのが観測された理由は目下のところ完全にはわかっていない。それゆえ、凹部の最適を含めて、適切な設計パラメータを正確に定義するのは依然として困難である。多くのビームを封じ込めるのに0.02～0.2μmの範囲で凹部を作るのが適当であると予測されるが、この範囲外のサイズの凹部でも有効な封じ込めを生じる可能性は否定できない。しかしながら、本願の記載に基づいて、既定のレーザに対して適切な凹部の深さを実験的に決めることは、当業者にとっては難しい問題ではないと考えられる。

【0046】所望の非均質な放出面を作成する工程も、放出面にイオン(30KeVのGaイオン等)の衝撃を与えることにより達成でき、第一の領域は適宜位置決めされ、その部分だけイオンの衝撃を受けない放出面の領域となる。

【0047】以上、本発明に係わるエッジ放出型レーザについて説明したが、本発明はエッジ放出型レーザに限定されるものではなく、VCSELの使用も考えられる。本発明に係わるVCSELは、図8で図式的に示すように、放出面において適宜寸法を合わせた凹部(例えば直径<λ_s/2)を備えている。ここで、参照符号81～87は、基板、下部多層ミラー、活性層、上部多層ミラー、上部接点、下部接点および上部接点貫く凹部をそれぞれ示す。

【0048】本発明に係わるレーザは、光検出器と一体に形成された単一レーザ(例えば、米国特許'276号の図4(B)を参照)、一個の半導体基板を共通に使用し、その共通基板上に集積された多重レーザ(但し、全てのレーザに本発明を適用する必要はなく、従来のものの例として米国特許'276号の図19を参照)、少なくとも一つのレーザが光検出器と一体に形成された多重式モノリシック集積レーザ(例えば、米国特許'276号の図21を参照)等を含めて様々な構成を取ることができる。多重式モノリシック集積レーザのなかでは、「消去」、「書込」、「読出」および/または「トラッキング」用のレーザとしてそれぞれ一つ以上割り当てることができる。図9は三つのモノリシック集積レーザ90の典型的な配列を示す前面略断面図である。ここでは、中間のレーザ(91)が読出し/書込みレーザであり、外側の二つのレーザ(921, 922)がトラッキングレーザである。また、読出し/書込みレーザには本発明のレーザが適用され、トラッキングレーザも通常本発明のものが適用される。トラッキングレーザの各凹部は、読出し/書込みレーザの凹部に対して、z方向の相反する両側で垂直にオフセットをかける(相殺する)ことができるので、データトラックに対して読出し/書込

みビーム位置の監視および補正をし易くする。しかしながら、適当な角度に配列したレーザを「スライダ」に搭載するならば、このような促進作用は不要となり、すなわち、凹部をz方向にオフセットすることなしにレーザアレイを実装することができる。スライダおよびそれに取り付けられたレーザに関しては、例えば米国特許'276号の図4(A)および図4(D)を参照のこと。

【0049】周知の通り、空力的なデザインを用いることにより、付属のレーザまたはレーザアレイを備えるスライダは、ディスク形状の光学記憶媒体等、回転媒体の表面を飛び越えたり接近したりできる。光学データ記憶装置についての背景技術については、例えば上記A. B. Marchant著の書物を参照のこと。

【0050】従来、回転媒体の方向に復元力を与えるバネ部材を備えることにより、スライダは装置中スライダ以外の残りの要素部分と機械的に接続される。従来の装置配列の多くは、停止中にスライダと媒体とが機械的に触れてしまうので、この不要な接触を防ぐための手段を設けなければならないかった。すなわち、スライダの

「軟着陸」のための手段を講じなければならないという欠点があった。この欠点に取り組むべく、例えば図10で図式的に示すように、スライダと放射線源とを機械的に接続する圧電体(バイモルフ等)を備えた装置がここに提供される。図10において、参照符号100は本発明に係わる光学データ記憶装置を示し、101は適当な記憶媒体、例えば光磁気ディスク、または位相変換要素を備えたディスク等を示している。この記憶媒体は基板上に多数の層を重ねた構成(例えば、ZnS-SiO₂ 下地皮膜、Al反射材、ZnS-SiO₂ スペース、GeTeSb活性層、およびZnS-SiO₂ 上塗り層と順に重ねた構成)をなしている。参照符号102は読出し(あるいは読出し/書込み)アームを示し、103は制御および信号処理装置を示す。後者の装置は従来のものを使用できる。また、アーム102は、従来のスライダ105が機械的に取り付けられるバネ部材104を備えており、本体は適当な形状をなすSiCまたはTiC/Al₂O₃等で構成される。さらに、参照符号108は本発明に係わるレーザであり、その放出面は媒体101に向けて尖った形状をしている。このレーザアセンブリは、シリコンチップやBeOプレート等のヒートシンク107に取り付けられ、圧電素子106がレーザとヒートシンクのサブアセンブリをスライダに接続する。当業者には明らかなように、圧電素子と同様、レーザのn側およびp側の両方に電気接点を作らなければならない。これは従来の技術であり、図10には図示されていない。また、公知の方法を用い、一つの共通基板上にレーザを光検出器と一体に集積してもよい。

【0051】周知のとおり、圧電素子に適当な電圧を印加すると素子の形状が変化し、例えば、媒体表面から離れてレーザが上昇し、レーザと媒体の損傷を防止するの

に役立つ。また、圧電素子の存在が、回転媒体表面上を飛行する放出面の高度のアクティブ制御を可能にする。上述した用途に適する素子は市販されたものが利用でき、素子に必要な機能を達成する制御回路は当業者のよく知るところである。素子に電圧を印加する手段として従来のものを用いることができる。圧電素子のうちで本発明の実施に有益なものとして、バイモルフ、またはせん断形状で動作する素子等がある。

【0052】また、本願発明者は、従来一般的に使用されているアクティブアライメントを必要としない光学ヘッドサブアセンブリを製造するのに有効な方法も開発した。この新規な方法は、スライダに直接取り付けられたレーザを構成する本発明の実施形態で特に有効に適用されているが、圧電素子を介在させた実施形態にも順応する。本方法は、適宜金属で被覆された従来のスライダを設ける工程と、溝付き表面を下にしてそのスライダを光学層に据え付ける工程と、適当な量の導体接着手段（導電エポキシや半田等）を供給する工程と、スライダおよび光学層双方に向けてレーザ（モノリシック集積レーザを備え光検出器を載せたGaAsチップ等）を駆り立てる工程とからなり、該レーザの放出面は光学層に接触すると共に、スライダの側面とも間に接着手段を介在させて接触している。この動作手順は、光学顕微鏡の下に設けられたマイクロポジショナーで実行される。そして、接着手段が固化した後、レーザの放出面を実際にスライダの底面と接触させる。ここで、アセンブリを高収率で産出するプロセスが用いられ、レーザ放出面はスライダの基準面の $\pm \lambda_s/4$ 以内となる。例えば、この方法を用いて、 $0.1\mu\text{m}$ を上回るアライメント精度が達成された。

【0053】本発明に係わる装置は、反射または透過いづれかのモードで読出し機能を実行すべく設計することができる。前者の場合、放射線の反射は媒体から第一の領域を通してレーザに戻るが、このレーザの出力は媒体の反射特性により異なる。従って、媒体の反射特性の変化はレーザパラメータ（レーザ出力、レーザ電流および/またはレーザ印加電圧等）の変動に帰着する。例えば、レーザに戻る放射線反射の変化は、レーザのバックファセットからの放射線強度の変動となり、光検出器により従来の方法で検出される。光検出器はレーザと一体に集積されるが、分離した構成要素であってもよい。このモードの動作については、例えば米国特許'276号の情報をさらに参照されたし。また、米国特許4,449,204号および4,460,977号も併せて参照のこと。

【0054】図11は本発明に係わり透過モードで動作する装置を図式的に示すものであり、参照符号110~114は、本発明によるレーザ、二つの透明保護層およびその間に介在する活性層からなる光学記憶媒体、格納された情報を記述する活性層、従来のレンズ（またはレ

ンズ系）、従来の光検出器をそれぞれ示す。

【0055】一般的に、記憶媒体としては、その媒体に注がれた光線（書き込みビーム）によって変更可能な特性（反射率、透過率、偏波シフト、位相等）を有する任意の媒体を用いることができる。利用できる媒体の例として、光磁気媒体、位相変換媒体、染料ポリマー媒体、アブレーティブ媒体またはフォトレジスト媒体等があげられる。顕微鏡検査に応用する場合、媒体は物理特性の空間的な変化を現すのに適した任意の媒体を用いることができ、反射または透過放射線の特性は媒体の位置の関数となる。例えば、光磁気フィルム、半導体試料や生体試料等の媒体を用いることができる。

【0056】さらに本発明は、放出面に適当な突起部（「ワイヤ」と称する）を有するレーザでも実現できる。このようなワイヤについては、例えば、「応用物理ジャーナル（Journal of Applied Physics）」74

（5）巻、3162頁掲載のK. Hiruma 他 の論文、および「IEICE会報 エレクトロニクス（IEICE Transactions on Electronics）」E77-C巻、No. 9、14

20頁掲載のK. Hiruma 他による論文を参照のこと。GaAsレーザの放出面上に適宜設けられたワイヤは、FIB蒸着を用いて放出面の適当な場所（通常、放出領域の中央）に適当な材料（Au等）のドットを形成する工程によって有効に形成され、上記出版物に説明されている半導体成長工程が続く。堆積したドットの直径は $\lambda_s/2$ を下回り、通常 $0.2\mu\text{m}$ 未満程度となり、ワイヤ形成の後取り除かれる。上記ドット形成の制御は従来技術では困難な作業であるが、本発明によるFIB蒸着を用いれば容易に達成可能となる。上述したワイヤは、レーザの放出面からの放射線送出を $\lambda_s/2$ を下回る直径領域に集めるように機能するので、本発明の実現には有効である。このように、ワイヤによって覆われたレーザ放出面の領域は放出面の第一の領域を構成する。ここで、ワイヤの屈折率を n とすると、ワイヤの長さは通常 $\lambda_s/2n$ 以上となる。

【図面の簡単な説明】
【図1】従来のレーザを示す斜視図である。
【図2】波長の関数として示されたある多層皮膜の（顕微鏡）反射率と透過率の曲線グラフである。
【図3】波長の関数として示された他の多層皮膜の（顕微鏡）反射率と透過率の曲線グラフである。
【図4】波長の関数として示されたさらに他の多層皮膜の（顕微鏡）反射率と透過率の曲線グラフである。
【図5】従来のエッジ放出型レーザを示す前面略断面図である。
【図6】本発明に係わるエッジ放出型レーザの一実施形態を示す上部略平面図である。
【図7】本発明に係わるエッジ放出型レーザの他の実施形態を示す部分略斜視図である。
【図8】本発明に係わるVCSELの一実施形態を示す

10

20

30

40

50

15

16

部分略斜視図である。

【図9】本発明に係わる三段式レーザアレイの一実施形態を示す前面略断面図である。

【図10】本発明に係わり、圧電型制御素子を有してなる装置の一実施形態を示す略図である。

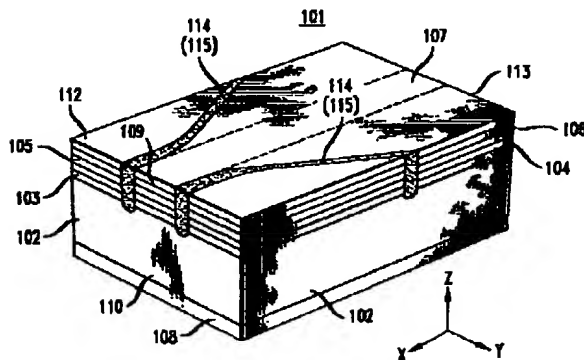
【図11】本発明に係わり、透過モードでの使用に適した装置を示す略図である。

【図12】本発明に係わるさらに他のレーザを示す前面略断面図である。

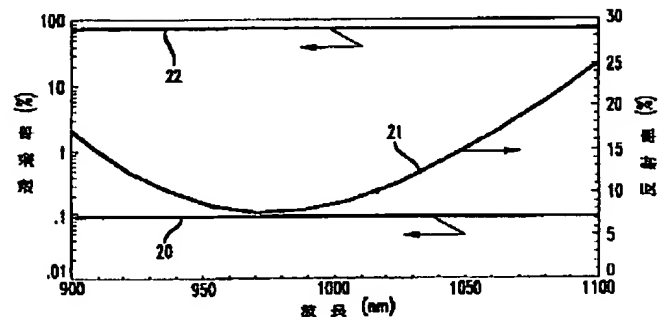
【符号の説明】

- 61 リッジ導波管
- 62 放出面
- 63 バックファセット
- 64 放出面皮膜の誘電体部
- 65 放出面皮膜の導体部
- 66 放出面皮膜に設けられた凹部
- 67 凹部を通して送出される放射線

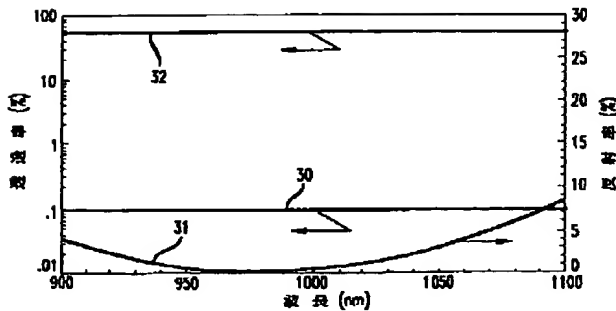
【図1】



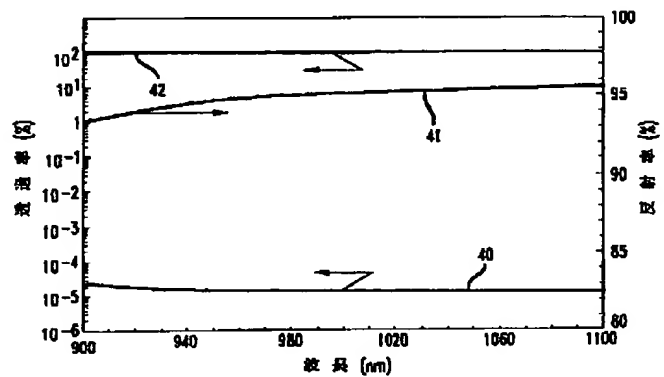
【図2】



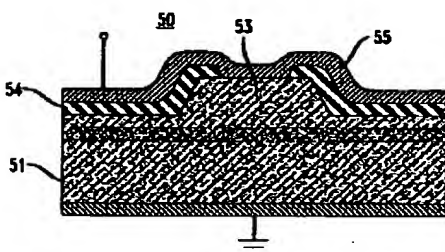
【図3】



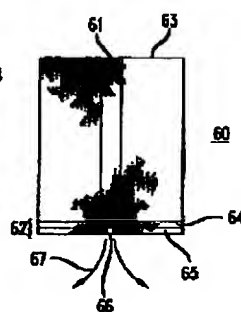
【図4】



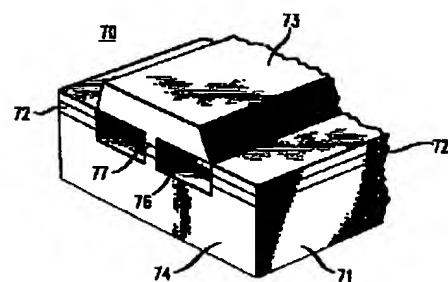
【図5】



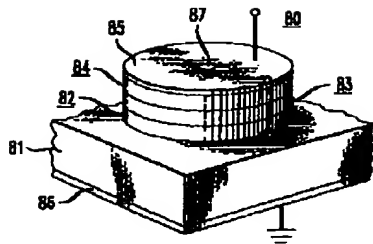
【図6】



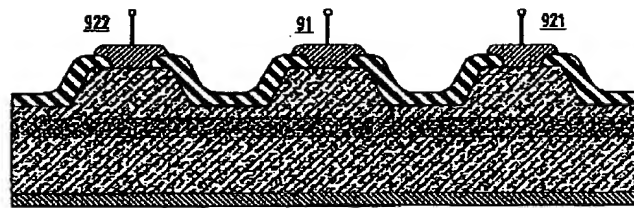
【図7】



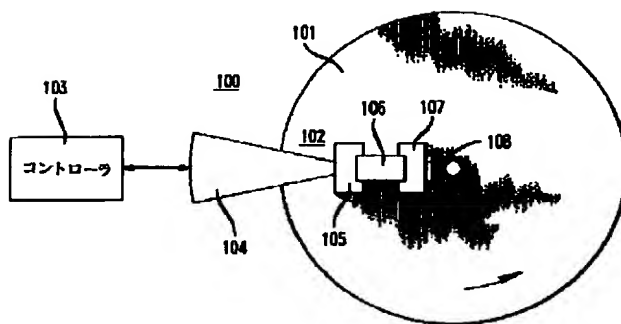
【図8】



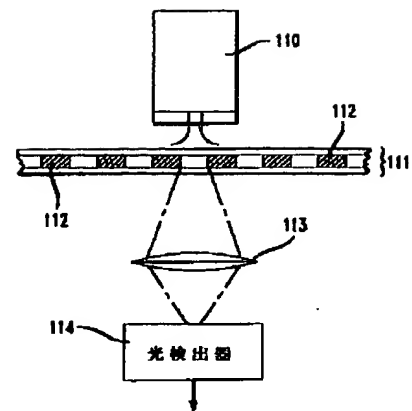
【図9】



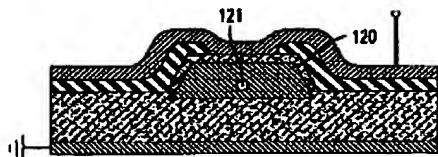
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 チェリー アン マレイ
アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー
イ, マレイ ヒル, ローランド ロード
120

(72)発明者 アフシン パートヴィ
アメリカ合衆国 10009 ニューヨーク,
ニューヨーク, ファースト アヴェニュー
224-アパートメント 2エー

(72)発明者 ディヴィッド リース ビール
アメリカ合衆国 07928 ニュージャージー
イ, カザム, リヴァー ロード 420-ア
partment エフ1

(72)発明者 ヒージェン ジェームス イー
アメリカ合衆国 07928 ニュージャージー
イ, カザム, リヴァー ロード 420-ア
partment デー2

(72)発明者 ジョージ ジョン ズィッドズィック
アメリカ合衆国 07832 ニュージャージー
イ, コロンビア, パイン ツリー レーン
17

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.